



TITLE:

中国の家庭部門における燃料使用
量の推計と室内空気汚染の影響評
価(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

郭, 敏娜

CITATION:

郭, 敏娜. 中国の家庭部門における燃料使用量の推計と室内空気汚染の
影響評価. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19296>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	郭 敏娜
論文題目	中国の家庭部門における燃料使用量の推計と室内空気汚染の影響評価		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は，中国の家庭部門での燃料使用量を省・直轄市別および都市・農村別に定量的に推計し，それに伴う大気汚染物質の発生量の推計を行うとともに，微環境個人曝露モデルを利用して，屋内・屋外での曝露濃度を年齢や男女別に推計したものであり，6章からなっている。</p> <p>第1章では，中国における室内空気汚染の現状とその原因に関する既存の情報を分析し，研究の目的，対象および目的を達成するための課題について論述した。中国の室内空気汚染の主たる原因は，家庭内での固形燃料の燃焼であるが，家庭内でのこれらの燃料使用量に関する情報は断片的であり，燃料種別・用途別に省・直轄市ごとの家庭部門のエネルギー使用量の実態は明らかにされていない。これらの実態を明らかにした上で，微環境個人曝露モデルにより，個人の健康影響を定量的に評価することが，健康影響の低減対策を実施するためにも不可欠であることを示した。</p> <p>第2章では，第1章で述べた目的に関連した既往の研究をレビューし，本研究の位置付けを述べた。本研究では，①家庭部門のエネルギー消費量，②室内空気汚染物質の濃度，③室内空気汚染物質による居住者に対する曝露，の3つの視点から中国や中国以外の国を対象とした先行研究についてレビューを行った。</p> <p>第3章では，調理・給湯，暖房機器などの効率を考慮して，各種の統計資料を最大限に活用することで，家庭部門のエネルギー消費量を，地域別，都市・農村別，用途別，機器別に推計した。考慮した用途は，調理・給湯，暖房，照明，冷房，その他の家電製品である。考慮した家庭部門に使用する燃料はバイオマス(薪，作物残渣)，バイオガス，石炭，灯油，LPG，天然ガス，石炭ガス，電気，地域熱供給システムからの熱である。地域別，都市・農村別の家庭部門のエネルギー消費量は，中国エネルギー統計年鑑のエネルギーバランス表に記載されているが，用途別には分類されていないため，これを用途別に分解することが本章の目的である。まず都市・農村別の家庭部門の用途・機器・燃料種の関係进行分析し，単一用途に使用されている燃料種を確定した上で，複数の用途に用いられている燃料については，気候データと住宅の構造を考慮した地域別の暖房需要や，家庭におけるエネルギー機器の保有率から推計したエネルギー需要などの複数の情報を組み合わせることで，最終的に地域別，都市・農村別，用途別，燃料種別のエネルギー消費量を推計した。その結果，調理・給湯および暖房に消費される一人あたりのエネルギーは，全国平均として都市では 5.4GJ/年，農村では 15.1GJ/年となったが，暖房用のエネルギーは地域により都市で 0～8.7GJ/年，農村で 0～7.7GJ/年，調理・給湯用は，都市で 0.9～11.3GJ/年，農村で 2.8～17.7GJ/年と顕著な地域差が存在することなどを明らかにした。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	郭 敏娜
<p>第4章では、家庭部門の燃料燃焼に伴うPM2.5の発生量を推計した。この推計のためには、燃料種別・用途別・機器別の排出係数が必要であるが、家庭部門で使用される調理機器や暖房機器は多様であり、燃焼条件や燃料の質によって、PM2.5の排出量は大きく変動する。家庭用エネルギー機器の排出係数を測定した既往の研究でも値に相当の幅が存在した。本研究では、家庭エネルギー機器の排出係数が測定された既往の研究を可能な限り収集して、その中から信頼性の高い排出係数の値を抽出した。それらの排出係数と第3章の推計値を用いてPM2.5の排出量を推計した結果、農村では家庭部門からのPM2.5排出量が、都市より10倍近く多いことが分かった。また、都市では、暖房起源の排出量が調理・給湯起源より約2.5倍多く、農村では、調理・給湯起源の排出量が、暖房より約3倍多いことが分かった。</p> <p>第5章では、利用した微環境個人曝露モデルについて説明した。本研究では、①厨房、②暖房を使用する居間や寝室などの室内、③照明（石油ランプなど）を使用する居間や寝室などの室内、④汚染物質発生源のない室内、⑤屋外（道路からの距離により濃度を3区分）の5つの微環境を考慮した。室内の微環境の平均濃度については、調理などの活動時間を考慮した単位時間あたりの排出量と微環境の容積、換気回数などの住空間パラメーターから定常状態を仮定して計算した。微環境への滞在時間は、中国の生活時間利用調査の結果から、年齢・性別及び就業の有無で計54区分に分けて推計し、時間平均アプローチにより一日平均曝露濃度を推計した。その結果、地域別、都市・農村別の一日本平均曝露濃度を比較すると、都市は農村に比べて1/2程度の濃度となっているが、北京市、天津市、上海市など大都市では、屋外から室内へ流入する大気汚染物質の寄与が曝露濃度全体の80%以上を占めていることが分かった。農村では、黒龍江省の曝露濃度が最も高く、$235.6\mu\text{g}/\text{m}^3$となった。冬季に気温が低くなる東北地区の内モンゴル自治区、遼寧省、吉林省、黒龍江省、西北地区にある甘肅省、青海省、新疆自治区では、暖房起源の曝露濃度が、調理・給湯起源よりも高くなっており、これはバイオマスや石炭などの固形燃料が暖房用途に大量に消費されていることが原因であった。農村では、女性が調理・給湯のために厨房に滞在する時間が長く、またバイオマスと石炭が調理・給湯に使用される量も多いため、女性の曝露濃度が、男性よりも平均して1.3倍程度高く推計された。また、男性・女性ともに、無職の方が室内の滞在時間が長くなるために、平均して16%程度曝露濃度も高くなることが分かった。</p> <p>第6章では、本研究の結論として、各章で示された主要な成果をまとめた。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	郭 敏娜
<p>（論文審査の結果の要旨）</p> <p>本論文は，中国の家庭部門における燃料燃焼起源の微小粒子状物質による室内空気汚染とその健康影響を，多様な地域性を有する中国の省・直轄市を対象として，地域別に定量的に推計するために，家庭部門での燃料使用量とそれに伴う大気汚染物質の発生量の推計を行うとともに，微環境個人曝露モデルによって，屋内・屋外での曝露濃度を年齢や男女別に推計したものである。本論文の社会的，学術的意義は，以下の通りである。</p> <p>1. 中国は急速に経済成長をしているが，天然ガスなどのクリーンな燃料の供給は十分でなく，農村や内陸の地方では，調理・給湯や暖房などの家庭用エネルギー源として低品質な石炭や薪・農業残渣などのバイオマスに依存しており，屋内外へ大量の汚染物質を排出する原因となっている。家庭部門の燃料種別のエネルギー消費量は，気候条件，経済状況や文化的背景に起因する地域差が甚大であるため，本研究では，中国の 30 の省・直轄市の都市・農村別に，様々な統計資料や既往研究の情報に基づいて，調理・給湯，暖房，冷房，照明，家電などの用途別および，石炭，バイオマス（薪，農業残渣），灯油，天然ガス，LPG，石炭ガス，電気，地域熱供給など燃料・エネルギー種別のエネルギー消費量を詳細に推計した。その結果，調理・給湯および暖房に消費される一人あたりのエネルギーは，全国平均として都市では 5.4GJ/年，農村では 15.1GJ/年となったことや，それらに顕著な地域差が存在することなどを明らかとした。</p> <p>2. 得られた家庭部門での用途別・燃料種別のエネルギー消費量から大気汚染物質の発生量を推計し，そのうちで屋内へ直接排出される量から，屋内での微小粒子状物質 (PM2.5) 濃度を推計した。この濃度と，中国での生活時間利用調査から得られた年齢別・男女別・就業形態別の微環境滞在時間のデータを利用して，微環境個人曝露モデルによって，個人の平均曝露濃度を推計した。その結果，バイオマスを多用する黒竜江省の農村では平均曝露濃度が $236 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に達することや，厨房での調理時間の差に起因して，農村の女性の平均曝露は，男性に比べて 1.3 倍大きくなっていることなどが明らかとなった。また，都市では屋外から屋内へ流入する PM2.5 の寄与が大きく，北京市では平均曝露濃度の 79% に達し，全国平均でも 69% に達することが明らかとなった。</p> <p>以上のように本論文は，中国の家庭部門の燃料燃焼に起因する微小粒子状物質による健康影響を，燃料種別，用途別のエネルギー消費量の推計と微環境個人曝露モデルによる曝露濃度推計の二段階で定量的に把握する手法を提案したものであり，学術上，實際上寄与するところが少なくない。よって，本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成 27 年 8 月 21 日，論文内容とそれに関連した事項について試問を行って，申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し，合格と認めた。</p>			